



2

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 11 SEP 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIETE  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)

**OLIFF & BERRIDGE, PLC**  
P.O. BOX 19928  
ALEXANDRIA, VA 22320  
(703) 836-6400  
APPLICANT: Gilles DELAPIERRE  
APPLICATION NO.: New U.S. Application  
FILED: October 16, 2003  
FOR: INTEGRATED ELECTROMECHANICAL  
MICROSTRUCTURE COMPRISING PRESSURE  
ADJUSTING MEANS IN A SEALED CAVITY AND  
PRESSURE ADJUSTMENT PROCESS  
ATTORNEY DOCKET NO.: 117503



26 bis, rue de Saint Petersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télecopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11354\*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DG SAD n° 8 / 2105/0

REVISÉES PAR LE		Révisé à l'INPI
DATE		24 OCT 2002
LIEU		38 INPI GRENOBLE
N° D'ENREGISTREMENT		0213325
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI		24 OCT. 2002
Vos références pour ce dossier PA1640FR (facultatif)		
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie
② NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N° Date N° Date
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		<input type="checkbox"/> N° Date
③ TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		Microstructure électromécanique intégrée comportant des moyens de réglage de la pression dans une cavité scellée et procédé de réglage de la pression
④ DECLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »
⑤ DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique
Nom ou dénomination sociale		Commissariat à l'Energie Atomique
Prénom		
Forme juridique		Etablissement Public de Caractère scientifique, technique et industriel
N° SIREN		
Code APE-NAF		
Domicile ou siège	Rue	31- 33 rue de la Fédération
	Code postal et ville	75752 Paris
	Pays	
Nationalité		française
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)
Adresse électronique (facultatif)		
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »		


**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**
**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2**

RECEVEUR DES PIÈCES		Réserve à l'INPI
DATE		24 OCT 2002
LIEU		38 INPI GRENOBLE
N° D'ENREGISTREMENT		0213325
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		

PA1640FR

005508 / 2002

<b>[6] MANDATAIRE</b>			
Nom		Hecké	Jouvray
Prénom		Gérard	Marie-Andrée
Cabinet ou Société		Cabinet Hecké (S.A.)	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	World Trade Center - Europole	
	Code postal et ville	5, place Robert Schuman - BP 1537	
	Pays	38025 Grenoble Cedex	
N° de téléphone ( facultatif )		04 76 84 95 45	
N° de télécopie ( facultatif )		04 76 84 95 48	
Adresse électronique ( facultatif )		hecke@dial.oleane.com	
<b>[7] INVENTEUR(S)</b>		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques.	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>[8] RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Etablissement immédiat ou établissement différé		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance (en deux remboursements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt	
<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non			
<b>[9] RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques	
		<input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG.	
<b>[10] SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite », indiquez le nombre de pages jointes			
<b>[11] SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		Gérard Hecké CPI 95-1201   Marie-Andrée Jouvray CPI 01-0410	<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  

**Microstructure électromécanique intégrée comportant des moyens de réglage de la pression dans une cavité scellée et procédé de réglage de la pression**

5

**Domaine technique de l'invention**

L'invention concerne une microstructure électromécanique intégrée, comportant un substrat de base et une cavité fermée par un capot de protection, ainsi qu'un procédé de réglage de la pression dans la cavité.

10

**État de la technique**

15 Les microstructures électromécaniques intégrées ou MEMS (« Micro electromechanical systems ») utilisant des procédés de fabrication issus de la microélectronique sont de plus en plus utilisés, notamment pour la fabrication d'accéléromètres, de gyromètres pour la navigation et de commutateurs RF ou optiques pour les télécommunications.

20

Comme représenté schématiquement à la figure 1, une telle microstructure comporte classiquement un substrat de base 1. Les éléments mécaniques mobiles 2 de la microstructure sont disposés dans une micro-cavité 3. Celle-ci est fermée par un capot de protection 4 au moyen d'un cordon de scellement 5 périphérique. Pour réduire les coûts, plusieurs microstructures sont généralement fabriquées simultanément et un capot de protection commun à toutes les microstructures est scellé avant découpage des différentes microstructures.

25

Les performances des éléments mécaniques des microstructures, comme le bruit thermique, l'amortissement ou la bande passante, dépendent directement de l'atmosphère gazeuse entourant ces éléments à l'intérieur de la cavité 3. Dans les procédés de fabrication actuels, la pression à l'intérieur de la cavité 3 est fixée par la pression environnante au moment du scellement. L'atmosphère finale à l'intérieur de la cavité est, en effet, liée au procédé de scellement et, lors de la fabrication simultanée de plusieurs microstructures, elle est forcément identique dans toutes les cavités. Par ailleurs, elle est fixée une fois pour toute, dépend de la température de scellement du fait de la loi des gaz parfaits et peut être polluée par le dégazage des matériaux lors du scellement.

Il peut être souhaité de contrôler assez précisément l'atmosphère à l'intérieur de la cavité 3. On peut, par exemple, souhaiter faire le vide dans la cavité pour avoir un bruit faible ou des pics de résonance très pointus, ou avoir une pression de quelques bars pour un fort amortissement et des fréquences de coupure très basses.

Dans certains cas, on utilise un procédé de scellement en deux étapes : après scellement du capot 4, qui est initialement muni d'un trou, la pression est fixée à la valeur souhaitée et le trou est bouché. Ce procédé, relativement complexe, n'est cependant pas totalement satisfaisant

### **Objet de l'invention**

25

L'invention a pour but de surmonter ces inconvénients et, plus particulièrement de faciliter la gestion de la pression dans la cavité d'une microstructure électromécanique intégrée.

Selon l'invention, ce but est atteint par le fait que la microstructure comporte des moyens de réglage de pression comportant au moins un élément en matériau pyrotechnique dont la combustion libère du gaz dans la cavité, de manière à régler la pression dans la cavité après scellement du capot de protection.

5

Il est ainsi possible de définir la pression dans la cavité indépendamment du procédé de scellement et de régler individuellement la pression dans chaque composant déjà scellé.

10

L'élément en matériau pyrotechnique peut être disposé dans la cavité ou dans une cavité additionnelle formée dans le capot de protection, un micro-orifice du capot de protection reliant les deux cavités.

15

L'invention a également pour objet un procédé de réglage de la pression dans la cavité d'une microstructure comportant la mise à feu d'au moins un élément en matériau pyrotechnique après scellement du capot de protection fermant la cavité.

20

### Description sommaire des dessins

25

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

La figure 1 illustre schématiquement une microstructure selon l'art antérieur.

La figure 2 représente un premier mode de réalisation d'une microstructure selon l'invention.

Les figures 3 et 4 représentent respectivement un capot et la microstructure sur laquelle est fixé ce capot dans un second mode de réalisation de l'invention.

5      **Description de modes particuliers de réalisation.**

Selon l'invention, la microstructure comporte au moins un élément en matériau pyrotechnique dont la combustion libère du gaz dans la cavité 3 après scellement du capot de protection 4. La quantité de gaz libéré par combustion correspond à la pression désirée à l'intérieur de la cavité.

Dans un premier mode de réalisation, illustré à la figure 2, un élément 6 en matériau pyrotechnique est disposé à l'intérieur de la cavité 3. Le matériau pyrotechnique constituant l'élément 6 peut être déposé sur une résistance électrique 7, formée directement sur le substrat de base 1, à l'intérieur de la cavité 3. La résistance électrique 7 est connectée à des bornes électriques externes 8. Après scellement de la cavité, l'application d'une tension électrique entre les bornes électriques externes 8 provoque l'échauffement de la résistance 7 par effet Joule et la mise à feu de l'élément 6 en matériau pyrotechnique.

15      La combustion de celui-ci provoque le dégagement d'une quantité prédéterminée de gaz, permettant d'amener la pression à l'intérieur de la cavité 3 à une valeur prédéterminée.

20      La pression peut être générée en plusieurs étapes, à partir d'une multitude d'éléments 6, ou micro-cellules, en matériau pyrotechnique pouvant être mis à feu sélectivement et/ou séquentiellement. Les éléments 6 peuvent comporter des quantités différentes de matériau pyrotechnique, de manière à permettre un réglage plus ou moins fin de la pression dans la cavité. La mise à feu sélective et séquentielle des différents éléments peut être réalisée par tout moyen

approprié. Chaque élément 6 peut, notamment, être associé à une résistance électrique 7 correspondante. Un circuit externe de contrôle (non représenté) applique sélectivement une tension aux bornes de l'une des résistances pour la mise à feu de l'élément correspondant.

5

Dans une variante de réalisation, la mise à feu d'un élément 6 est provoquée par un faisceau laser provenant de l'extérieur de la microstructure et dirigé vers l'élément pyrotechnique à travers une zone du capot 4 transparente à la longueur d'onde du faisceau laser.

10

Dans le mode de réalisation illustré aux figures 3 et 4, les éléments 6 ne sont pas disposés directement dans la cavité 3 mais dans une cavité additionnelle 9 formée dans le capot 4. Le capot 4 est, par exemple, constitué par une première partie 10, plane, en silicium, sur laquelle sont disposés les éléments 6 en matériau pyrotechnique. Une seconde partie 11, disposée sur la première partie, comporte un évidement délimitant avec la première partie 10, la cavité additionnelle 9 du capot dans laquelle sont placés les éléments 6. Un micro-orifice 12, formé dans la première partie 10 du capot, relie les cavités 3 et 9 lorsque le capot 4 est mis en place sur la microstructure (figure 4). Le micro-orifice 12 permet le passage dans la cavité 3 du gaz généré par la combustion des éléments 6 tout en retenant les résidus solides éventuellement produits lors de la combustion des éléments 6.

15

20

Comme précédemment, la mise à feu des éléments 6 peut être réalisée sélectivement à partir d'un réseau de résistances associées ou au moyen de faisceaux laser (F) provenant de l'extérieur de la microstructure et dirigés sélectivement et/ou séquentiellement vers les élément pyrotechniques sélectionnés à travers une zone du capot 4 transparente à la longueur d'onde des faisceaux laser. La zone du capot 4 qui est transparente à la longueur

d'onde des faisceaux laser peut être constituée par du verre constituant la totalité de la seconde partie 11.

Le scellement du capot 4 sur le substrat de base 1, avant réglage de la pression dans la cavité 3, peut être réalisé par tout moyen approprié, notamment par scellement anodique ou eutectique, par soudure avec un alliage d'étain et de plomb (SnPb) ou au moyen d'un cordon de scellement en polymère ou en verre fusible.

Tous les modes de réalisation décrits peuvent être mis en œuvre par la fabrication collective de plusieurs microstructures selon l'invention, par exemple sur un même plaque de matériau constituant le substrat de base, par exemple en silicium. Le scellement est alors, de préférence, effectué de manière collective, une étape supplémentaire permettant ensuite la découpe des microstructures obtenues sur la plaque de matériau initiale.

Le scellement peut être effectué sous vide, de manière à garantir une bonne propreté de la cavité 3, la pression finale dans la cavité étant ultérieurement déterminée par la mise à feu sélective des éléments 6 en matériau pyrotechnique. Il est également possible d'effectuer le scellement sous une pression non nulle et de n'utiliser la mise à feu des éléments 6 que pour compléter la quantité de gaz nécessaire. Dans un mode de réalisation préférentiel, le scellement étant réalisé à pression atmosphérique, donc peu coûteux, le gaz dégagé par la combustion d'éléments 6 est utilisé essentiellement pour compenser la baisse de pression due au refroidissement après scellement (à titre d'exemple, la pression est divisée environ par deux lors que la température redescend de 300°C à la température ambiante).

Le gaz généré par les éléments 6 en matériau pyrotechnique est, de préférence, un gaz neutre, non corrosif. À titre d'exemple, le matériau pyrotechnique peut être du type de celui utilisé dans les sacs gonflables (« airbags »), qui est constitué par un mélange d'azoture de sodium ( $\text{NaN}_3$ ), de nitrate de potassium (KNO<sub>3</sub>) et de silice (SiO<sub>2</sub>) et libère de l'azote (N<sub>2</sub>) et des résidus solides K<sub>2</sub>NaSiO<sub>4</sub>. De nombreux autres matériaux pyrotechniques peuvent également être utilisés, permettant de générer d'autres gaz, notamment du monoxyde de carbone (CO), du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) ou de l'hydrogène (H<sub>2</sub>).

10

À titre d'exemple, une quantité de gaz de 2mm<sup>3</sup> destinée à remplir une cavité 3 de 2mmx2mmx0,5mm peut être libérée par la combustion d'environ  $2 \cdot 10^{-3}$ mm<sup>3</sup> de matériau pyrotechnique. Le matériau pyrotechnique peut, par exemple, être déposé sous la forme d'une micro-pastille de 100µmx100µmx200µm, ce qui est tout à fait compatible avec sa disposition dans une micro-cavité de la microstructure ou du capot.

15 L'invention peut notamment être utilisée pour le réglage du facteur d'amortissement de microstructures d'un accéléromètre, dont dépendent les résonances parasites et la bande passante. À titre d'exemple, la bande passante d'accéléromètres du type décrit dans les brevets EP149572, EP605300 ou EP605303 de la demanderesse peut être réduite d'un facteur de l'ordre de trois en faisant passer la pression à l'intérieur de la cavité 3 de 0,1bar à 1bar. L'invention permet également de personnaliser individuellement, par 20 réglage de la pression de gaz dans la cavité correspondante, la bande passante d'accéléromètres fabriqués simultanément sur un même substrat de base 1, à partir d'une même filière technologique. Ceci présente un intérêt économique



non négligeable, en permettant de répondre simplement et rapidement à des demandes variées. Il est également envisageable de réduire la bande passante d'un accéléromètre en cours de fonctionnement, par mise à feu sélective d'un ou de plusieurs éléments 6 en matériau pyrotechnique, en fonction de la détection de certains événements.

5

**Revendications**

1. Microstructure électromécanique intégrée comportant un substrat de base  
5 (1) et une cavité (3) fermée par un capot de protection (4), microstructure caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens de réglage de pression comportant au moins un élément (6) en matériau pyrotechnique dont la combustion libère du gaz dans la cavité (3), de manière à régler la pression dans la cavité (3) après scellement du capot de protection (4).

10

2. Microstructure selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'élément (6) en matériau pyrotechnique est disposé dans la cavité (3).

15

3. Microstructure selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'élément (6) en matériau pyrotechnique est disposé dans une cavité additionnelle (9) formée dans le capot de protection (4), un micro-orifice (12) du capot de protection (4) reliant les deux cavités (3, 9).

20

4. Microstructure selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le matériau pyrotechnique est déposé sur une résistance électrique (7) connectée à des bornes électriques externes (8).

25

5. Microstructure selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le capot de protection (4) comporte une zone en matériau transparent à une longueur d'onde préterminée.

6. Microstructure selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le matériau pyrotechnique est un mélange d'azoture de sodium, de nitrate de potassium et de silice.



7. Microstructure selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que les moyens de réglage de pression comportent une pluralité d'éléments (6) en matériau pyrotechnique pouvant être mis à feu 5 sélectivement.

8. Procédé de réglage de la pression dans la cavité (3) d'une microstructure selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte la mise à feu d'au moins un élément (6) en matériau pyrotechnique 10 après scellement du capot de protection (4) fermant la cavité (3).

9. Procédé selon la revendication 8 pour le réglage de la pression dans la cavité (3) d'une microstructure selon la revendication 5, caractérisé en ce que la mise à feu de l'élément (6) en matériau pyrotechnique est provoquée par un faisceau laser provenant de l'extérieur de la microstructure et dirigé vers 15 l'élément en matériau pyrotechnique à travers une zone transparente du capot de protection (4).

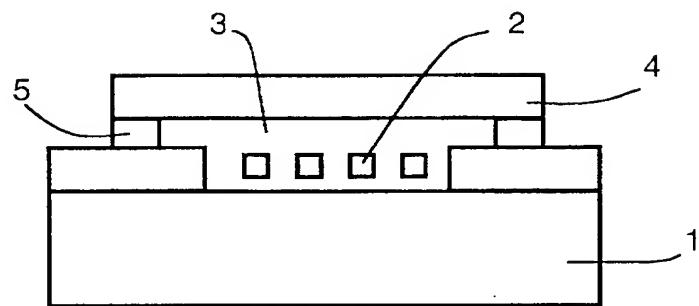


Figure 1 (Art antérieur)

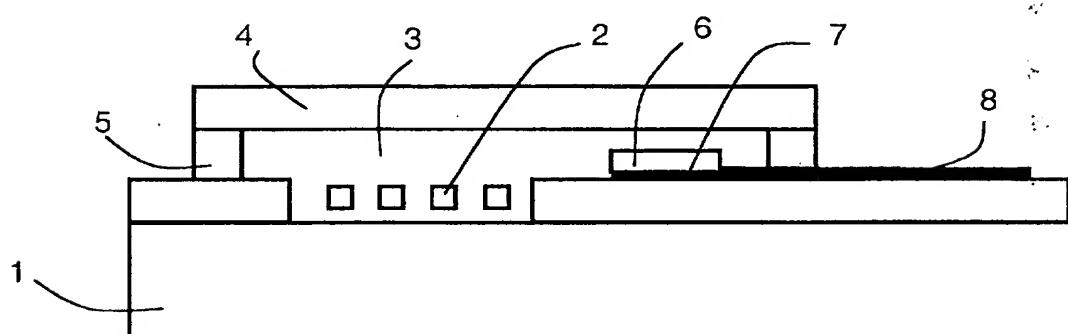


Figure 2

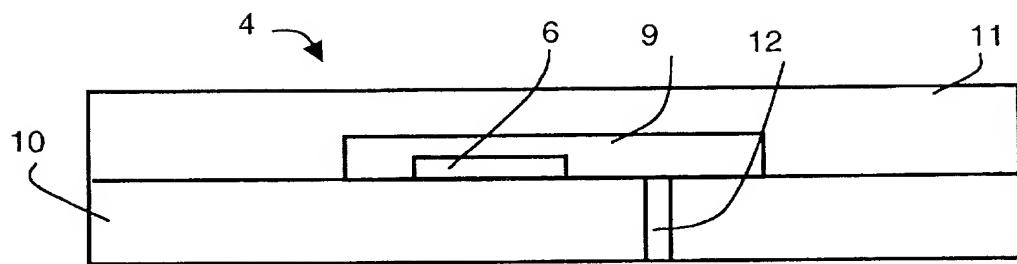


Figure 3

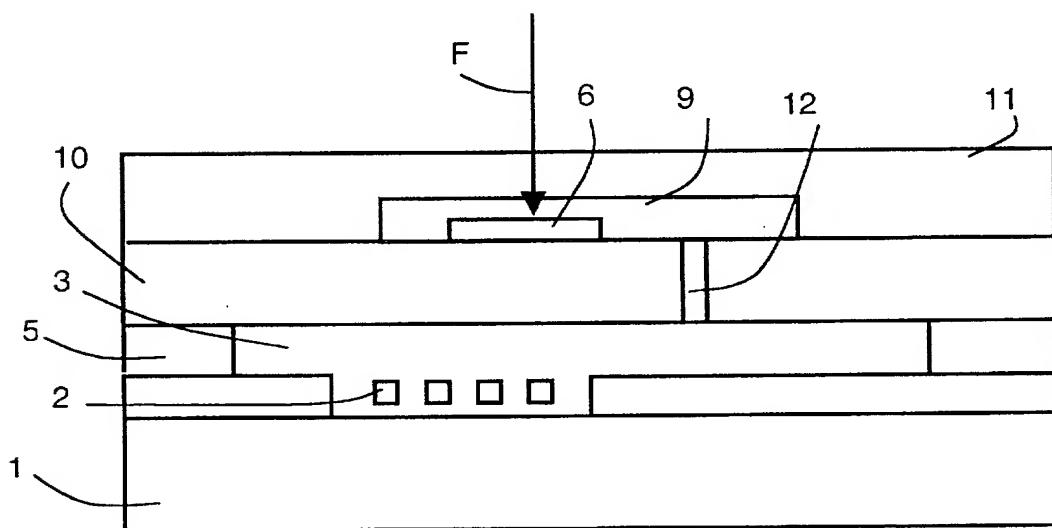


Figure 4



## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Petersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télecopie : 33 (1) 42 94 86 54

## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

  
N° 11235-03

## DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1/1

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DE 11235-03 / 2003

Vos références pour ce dossier (facultatif)	PA1640FR
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	02 13325
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)	
Microstructure électromécanique intégrée comportant des moyens de réglage de la pression dans une cavité scellée et procédé de réglage de la pression	

LE(S) DEMANDEUR(S) :  
Commissariat à l'Energie Atomique

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :

1	Nom		Delapierre
	Prénoms		Gilles
Adresse		Rue	7, rue des Laboureurs
		Code postal et ville	38180 Seyssins
Société d'appartenance (facultatif)			
2	Nom		
	Prénoms		
Adresse		Rue	
		Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)			
3	Nom		
	Prénoms		
Adresse		Rue	
		Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)			

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.

## DATE ET SIGNATURE(S)

DU (DES) DEMANDEUR(S)

OU DU MANDATAIRE

(Nom et qualité du signataire)

Gérard Hecké  
CPI 95-1201

Marie-Andrée Jouvray  
CPI 01-0410

